

Cinética de decomposição da fase martensítica na liga Cu-10%Al-8%Ag

Alan C. Pilon^{1*} (IC), Antonio T. Adorno¹ (PQ), Ricardo A. G. Silva¹ (PG). pilon@grad.iq.unesp.br

¹ Departamento de Físico-Química – Instituto de Química-Unesp – Caixa Postal 355 – 14801-970 Araraquara-SP.

Palavras Chave: Cinética, martensita, Ligas de Cu-Al-Ag.

Introdução

A transformação martensítica é uma transição de fase não-difusiva na qual a distribuição dos átomos não é alterada, apenas a distância entre eles é modificada durante a transição¹ e, portanto a composição da fase produto é a mesma da fase matriz. Essa transição está relacionada com o efeito memória de forma. No sistema Cu-Al esta transição acontece no intervalo de concentrações de Al entre 9 e 14%Al. A liga Cu-10%Al está no intervalo de composições no qual a transformação martensítica ocorre. A cinética de decomposição da fase martensítica na liga Cu-10%Al com adição de 8%Ag foi analisada utilizando-se medidas de variação da microdureza com a temperatura e o tempo, microscopia óptica e eletrônica de varredura, difratometria de raios X e análise por dispersão de energia de raios X.

Resultados e Discussão

Para verificar a seqüência de reações que acompanham a decomposição da fase martensítica em $(\alpha+\gamma_1)$ na liga Cu-10%Al-8%Ag, cuja microestrutura inicial é mostrada na fig. 1-a, foi obtida uma curva DTA com razão de aquecimento igual a 20 °Cmin⁻¹ (fig. 1-b). A curva apresenta os mesmos picos observados para liga sem adições de Ag², exceto pelo pico P₆, que corresponde à precipitação da Ag dissolvida na matriz. De acordo com dados da literatura², a primeira transição da fase martensítica ocorre em torno de 320 °C ($\beta'_1 \rightarrow \beta''_1$) e a decomposição dessa fase em $(\alpha+\gamma_1)$ acontece em torno de 380°C. A precipitação de Ag na fig. 1-b ocorre praticamente no mesmo intervalo de temperaturas da decomposição da fase martensítica. Para analisar a decomposição da fase martensítica na liga Cu-10%Al-8%Ag foram obtidas curvas sigmoidais de variação da microdureza com o tempo no intervalo temperaturas entre 200 e 450°C, fig. 1-c. Micrografias eletrônicas de varredura e difratogramas de raios X obtidos no início e no final do processo mostraram a presença da fase martensítica em ambas as etapas, indicando que a reação de decomposição não ocorreu no intervalo de temperaturas e de tempo analisados e, portanto, a fase martensítica foi estabilizada. Como o material respondeu ao processo de envelhecimento, isso sugere que a liga deve passar por algum processo de curto alcance durante o envelhecimento dessa fase e isso deve estar relacionado a mudança na microdureza da liga. Para estudar a cinética do processo de envelhecimento da fase martensítica foram obtidas curvas de variação da fração

transformada em função do tempo de envelhecimento em diferentes temperaturas.

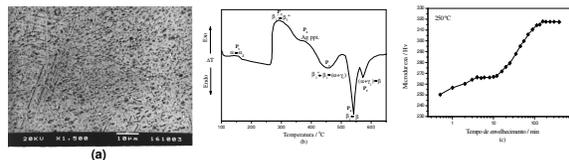


Figura 1. (a) Micrografia eletrônica de varredura obtida para a liga envelhecida a 200°C, (b) Curva DTA (c) Curva de variação da microdureza vs. tempo.

A partir das curvas de fração transformada foram obtidos os tempos necessários para que metade da fase produto fosse formada. A variação do tempo necessário para a formação de metade da fase produto ($t_{1/2}$) em função da temperatura de envelhecimento mostrou que a reação ocorre seguindo um processo termicamente ativado. Portanto, o gráfico $\ln t_{1/2}$ em função $1000/T$, deve fornecer uma reta, cujo coeficiente angular deve estar relacionado à energia de ativação para o processo analisado. O valor da energia de ativação encontrado ficou em torno de 34,61 kJmol⁻¹ e bem próximo daquele verificado para a migração de vacâncias formadas durante a têmpera², indicando que a estabilização da fase martensítica é um processo termicamente ativado e que a migração de vacâncias retidas na têmpera é a etapa dominante do processo. Dessa forma, o efeito da estabilização da martensita pode ser atribuído à redistribuições dos átomos de prata como defeitos de estrutura e dos átomos de Al ao redor de um átomo de Cu assistidas por vacâncias e ao aumento do número de pares Cu-Al devido à interação Ag-Al.

Conclusões

A partir dos resultados obtidos indicaram que a adição de prata retarda a reação de decomposição e aumenta a estabilidade da fase martensítica na liga Cu-10%Al-8%Ag. O efeito da estabilização pode ser atribuído à redistribuição dos átomos de prata e alumínio na liga assistido por migração de vacâncias.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e ao LNLS.

¹ Ahlers, M. *Materials Science and Engineering*. **2003**, A349, 120.

² Adorno, A. T. ; Silva, R. A. G. *J. Alloys and Comp.* **2005**, 402, 105.